

平成 23 年度 民活インフラ案件形成等調査

インドネシア・チカラン複合都市新交通システム導入 計画調査

報告書要約

平成 24 年 2 月

経 済 産 業 省

委託先：(株)トステムズ
三菱重工業(株)
(社) 日本交通計画協会

(1) プロジェクトの背景・必要性等

1) プロジェクトの背景

本プロジェクトの対象地域であるチカラン地区（Cikarang district）は、ジャカルタ（Jakarta）の東方約 30km に位置し、2009 年時点で 248km² の面積に約 57 万人が住んでおり、今後も人口が急増することが予想されている。チカラン地区は、ジャバベカ複合都市（Jababeka Industrial Park）、MM2100 工業団地（MM2100 Industrial Town）、リッポ・チカラン工業団地（Lippo Cikarang Industrial Estate）、EJIP 工業団地（East Jakarta Industrial Park）、デルタマス・シティー（Deltamas City）等の区画に分かれ、大規模な工業団地及び複合都市として開発され、また現在も開発が進められている。2010 年 10 月時点で当該地区に日系企業は 310 社が進出している。

当該地区の北側にジャワ幹線鉄道（Java Main Line）が、地区中央にはジャカルタ-チカンペック有料道路（Jakarta-Cikampek Toll Road）が東西に走っている。現在の地区内交通は自動車、バス、ミニバス、バイクの道路交通に頼っており、道路容量不足と大量の道路交通により地区内の至る所で慢性的な交通渋滞が発生している。特にジャカルタ-チカンペック有料道路を横断する道路が少なく、既存道路は狭い道路がほとんどで南北の地区が分断された状況である。

また、ジャワ幹線鉄道は、近い将来、複々線及び電化工事が円借款事業として進められることとなりチカラン駅利用者の増大とともに当該地区の経済活動は益々活発になると考えられる。

本プロジェクトは、チカラン駅をターミナルとしジャバベカ複合都市、MM2100 工業団地等の工業団地へのフィーダー交通として新交通システムを導入して、南北の交通軸を強化することを目的としている。これにより当該地区の道路交通の混雑解消、大気汚染の緩和による都市環境の保全、当該工業団地への通勤者の利便性の向上等が期待できる。更に、日本企業が多数進出している地区への新交通システムの導入は地区開発、経済活性化と合わせて日系企業への裨益効果も非常に高いと考えられる。

2) プロジェクトの必要性

本プロジェクトは、以下にあげる事項を実現するために必要と考えられる。

- ・ 道路交通渋滞の緩和
- ・ 工業団地通勤者の利便性の向上及び安全の確保
- ・ 将来開発計画に合わせた新交通システムの導入
- ・ 日系企業への裨益効果

(2) プロジェクトの内容等決定に関する基本方針

本プロジェクトの内容を決定するために、以下の方針で検討を行う。

- ・ 用地取得及び非自発的住民移転の最小化を図る計画の提案

- ・ モビリティの高いサービスの提供
- ・ 利便性の高いシステムの提案
- ・ 経済性を考慮したシステムの提案
- ・ 事業実現性の高い PPP スキームの提案

(3) プロジェクトの概要

1) 需要予測

a) 予測前提条件

広域交通条件

本事業の前提として、JICA が提案したジャワ幹線鉄道複々線化・電化事業（ジャカルタ首都圏総合交通計画調査、2004 年）が完成しているものとする。

各種開発条件

需要予測の前提として、対象地域で進められている複数デベロッパーによる工業団地造成、住宅を含む複合型都市開発事業を考慮するものとする。

b) 需要予測結果

表-1 需要予測結果

目標年次	① 終日利用者数	② 時間最大交通量
2019 年	49,000 人/日	4,900 PPHPD
2030 年	69,000 人/日	6,900 PPHPD
2048 年	88,000 人/日	8,800 PPHPD

出典：調査団

2) プロジェクトの計画概要

表-2 プロジェクトの計画概要

導入システム	新交通システム
路線長	12 km
運転計画	2019 年～2037 年 : 2 両 1 編成 2038 年～ : 4 両 1 編成
構造	全線高架
駅数	13 駅
駅形式	チカラン駅：頭端式ホーム その他：島式ホーム
車両基地	7.2 ha

出典：調査団

3) 事業総額

本プロジェクトの事業費（2011年価格）を表-3に示す。

表-3 事業費

初期建設費	696億6,300万円	(8億7,900万ドル)
追加建設費(2024年)	24億8,400万円	(3,100万ドル)
追加建設費(2037年)	67億7,200万円	(8,500万ドル)

出典：調査団

4) 予備的な財務・経済分析の結果概要

a) 経済分析

プロジェクトを実施した場合と、実施しない場合における費用と便益について、国民経済的観点から分析を行なう。本事業が実施される場合の費用は、追加投資を含む建設費及び保守運営費とする。経済便益は、走行費用（VOC）と旅行時間費用（TTC）の節約便益を推計する。表-4に、経済分析の結果を示す。

表-4 経済分析結果

(社会的割引率=12%)

経済的内部収益率 (EIRR)	費用便益比 (B/C)	経済的純現在価値 (ENPV)
13.2%	1.1	50億5,000万円

出典：調査団

分析の結果得られたEIRRは13.2%であり、社会的割引率=12%と比較して、本プロジェクトは経済的にフィージブルであると判断される。

b) 財務分析

本事業の財務的妥当性を検証するため、プロジェクトの財務的内部収益率（Project FIRR）を用いて分析を行う。Project FIRRの評価指標として加重平均コスト（WACC）を算定し、これを財務的機会費用（FOCC）とする。表-5に、財務分析結果を示す。分析の結果、Project FIRRは1.3%であり、WACCの1.1%と比較して、理論的には財務的にフィージブルであると判断される。

表-5 財務分析結果

財務的内部収益率 (Project FIRR)	加重平均資本コスト (WACC)	財務的純現在価値 (FNPV)
1.3%	1.1%	28億2,000万円

出典：調査団

5) 環境社会的側面の検討

a) 事業の特徴

新交通システムは騒音・振動が少なく排気ガスの排出量も少ない、自動車と比べて環境に与える負荷が小さい環境に優しい公共交通輸送システムである。特に、新交通システムの導入により次の利点が挙げられる。

- ・ 当該地区への通勤・来訪者の利便性向上
- ・ 移動時間の短縮及び交通遅延の減少
- ・ バス、自動車、バイクからの新交通システムへの転移による自動車交通を発生源とする温室効果ガスの削減
- ・ 域内経済の活性化
- ・ 道路交通混雑解消と交通事故の減少
- ・ 直接的及び間接的雇用の創出

b) 環境社会影響の洗い出し

本プロジェクトに伴う環境面、社会面で影響を及ぼすと想定される項目のうち特に配慮が必要な事項、住民への説明と理解が必要な事項、関係機関との調整が必要な事項は以下の通りである。

i) 非自発的住民移転

チカラン駅へのアクセス部、ジャバベカ複合都市地区への入り口部、ジャカルタ-チカンペック有料道路北側地区の一部区間で既存住居に対して非自発的住民移転が発生する。提案ルート上では既存住居約 30 戸、約 11, 200m²と、ジャカルタ-チカンペック有料道路北側及びブカシ・ファジャール工業団地の未開発地区約 56, 000m²の非自発的住民移転と用地取得が必要となる。

ii) 生活・生計に係る電波障害の問題

新交通システムは全線高架構造であるため電波障害の影響がでるところが考えられる。詳細設計段階で影響範囲を特定して、共同アンテナの設置等の対策を検討することが必要である。

iii) 工事中の影響

本プロジェクトにおいて、工事中は杭打ち工事による騒音・振動、重機による排ガス等の環境汚染が懸念される。そのため建設工事に当たっては施工計画で環境汚染に対する緩和策を十分検討する。また、新交通システムの導入空間を道路とするため既存道路の交通規制等で交通渋滞を引き起こす等の影響が考えられる。

iv) 樹木伐採・移植の問題

新交通システムの提案ルートのうち工業団地内道路では、導入空間となる中央分離帯に樹木が植えられている区間があり、伐採または移植する必要がある。新交通システムの高架構造物建設後に高架下に低木植栽を施したり、この問題の緩和策として他の場所への植栽をしたり、全体として緑の空間を確保することを検討する必要がある。

(4) 実施スケジュール

実施スケジュールを図-1 に示す。

図-1 実施スケジュール

	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
案件発掘調査	■							
1. 準備段階								
1) コンサルタントの選定	■							
2) F/S 調査、住民移転計画作成		■						
3) EIA 調査		■						
4) 新交通システム事業の承認			▽					
5) 資金調達			■					
6) 設計/入札準備			■					
7) 用地取得、住民移転、移設			■					
2. 建設段階								
1) 建設準備				■				
2) 詳細設計				■				
3) 建設工事				■				
4) 試験走行、引渡し							■	
3. 開業準備段階								
1) 事業主体の選定				■				
2) 事業組織の編成					■			
3) 規則作成と教育訓練						■		
4. 開業								■

出典：調査団

(5) 実施に関するフィージビリティ

1) 実施スキーム

本事業の実施には、公共セクターが公的資金を用いて純粋な公共事業として建設する方法と、パブリック・プライベート・パートナーシップ（PPP）の手法を用いて民間セクターが参加する方法が考えられる。表-6 に、本事業の実施スキーム候補を示す。

表-6 実施スキーム候補

スキーム	建設・運営の役割分担		建設		O&M 事業者
	公共セクター	民間セクター	土木工事	E&M/ 車両	
公共事業	公共事業として政府が実施する。	なし	公的資金	公的資金	公営事業者
官民連携 (PPP with Government Support)	A) 施設の建設と E&M/車両調達を行う。	事業運営を行う。	公的資金	公的資金	SPC
	B) 施設の建設と E&M/車両調達の一部を行う。	E&M/車両調達の一部と事業運営を行う。	公的資金	公的資金 民間調達	SPC
	C) 施設の土木インフラの建設を行う。	E&M/車両の調達と事業運営を行う。	公的資金	民間調達	SPC
民間事業 (Regular PPP)	D) なし	施設の建設、E&M/車両の調達、事業運営を行う。	民間調達	民間調達	SPC

出典：調査団

2) 資金調達ソース

本事業への適用が期待される我が国の公的金融としては、円借款、プロジェクトファイナンス、事業開発等融資が挙げられる。その概要を表-7に示す。

表-7 本事業への適用が期待される我が国の公的金融

種類	概要	備考
ODA 円借款	経済発展の支援と政府間の資金援助が目的である。 ODA 資金を供与する PPP インフラ事業として公的資金と民間資金が投入される場合、投入領域を区分・峻別する伝統的な形態（分離型）と、一つの領域を対象に民間資金と公的資金を投入・共存する形態（一体型）がある。	公共事業として実施する場合の公的資金 スキーム-A の公的資金 スキーム-B の公的資金（一体型） スキーム-C の公的資金（分離型）
事業開発等金融	外国政府等に、当該国で行われる海外事業、設備等受け入れ資金の融資を行うもので、調達先を限定しないアンタイド資金融資である。日本企業の事業活動支援といった環境整備が資金使途となる。ただし融資条件は ODA より厳しい。	公共事業として実施する場合の公的資金 スキーム-A,B,C の公的資金
OOF プロジェクトファイナンス	特定のプロジェクトの資産及び契約上の諸権利を担保とし、プロジェクトの開発に必要な資金を貸し出す。返済原資は、プロジェクトから生じるキャッシュフロー（収入のみ）であり、返済に関する政府等の支払い保証は無い。従来の借り手企業の財務、内容、信用力を背景とした企業融資とは異なり、原則として親会社等の支払保証が無い。	スキーム-A,B,C の民間資金

出典：調査団

3) PPP 事業の財務分析

PPP 事業の財務分析は、本事業の実施スキームの候補に挙げた 3 ケースを対象に、投資の財務的内部収益率（Equity FIRR）を用いて分析を行う。Equity FIRR の評価指標としては、インドネシアの長期金利指標として 10 年国債の 6.2%を採用する。PPP 事業方式によるスキーム-A～C の分析結果を表-8に示す。これらのケースでは、新交通システムの運営・運行の経験を持つ民間セクターが事業に参加する事により、運営の効率性が保たれると考えられる。民間セクターが事業運営のみに参加するスキーム-A：アフエルマージュでは、インドネシア政府に対して総収入の 10%相当を使用料として支払ったうえで、Equity FIRR は評価水準を超えており、民間側にとっては妥当なスキームと評価される。ただしインドネシア政府側にとっては、円借款等の長期低金利の資金を調達する必要があり課題が残る。

表-8 財務分析結果（スキーム-A～C）

スキーム	A) アフェルマージュ (民間は事業運営のみを実施)	B) コンセッション (民間負担軽減案)	C) コンセッション
検討項目	SPC が受託する事業運営の Equity FIRR を算出し、その実現可能性を評価する。	民間が E&M/車両調達の一部と事業運営を受託した場合の Equity FIRR を算出し、その実現可能性を評価する。	民間が E&M/車両調達と事業運営を受託した場合の Equity FIRR を算出し、その実現可能性を評価する。
土木工事費 分担率	政府 100% 民間 0%	政府 100% 民間 0%	政府 100% 民間 0%
E&M/車両調達 分担率	政府 100% 民間 0%	政府 70% 民間 30%	政府 0% 民間 100%
O&M	SPC		
SPC の資産	なし	E&M/車両の一部	E&M/車両
SPC 資金構成	自己資本: 30% 借入金: 70%		
SPC の収入	運賃収入+運賃外収入		
SPC の支出	保守運営費+使用料 (総収入の 10%相当)		
Equity FIRR の 評価指標	6.2%=長期金利指標 (インドネシア 10 年国債利回り)		
Equity FIRR (2023 年)	13.6%	算定不能	算定不能
Equity FIRR (2033 年)	38.7%	5.4%	算定不能

出典：調査団

(6) 我が国企業の技術面等での優位性

新交通システム関連の技術として、新交通システム車両、専用軌道、信号設備、通信設備、電力設備、駅施設、列車運行制御システム、メンテナンス設備、及び土木施工技術が挙げられる。これらは近年の国内外案件の実績が示すとおり、我が国の技術力は非常に高く評価されている。また、国内外において納入した新交通システムは高い安全性を確保している。

新交通システム車両については、輸出用車両の開発も進んでおり、個々の路線の要求仕様や、衝突安全性能や耐火規格といった適応規格に対応が可能である。また輸送需要に応じた車両編成の変更や、事業者のニーズに応じたエクステリア、インテリアの変更も可能である。

運営、維持管理、教育訓練等のソフト面についても、開業前の試運転やメンテナンス要員のトレーニングも含め、我が国の高い専門技術とノウハウによって、インドネシア初の新交通システム導入の支援を行うことが可能であると考えられる。

(7) 案件実現までの具体的なスケジュール及び 実現を阻むリスク

案件実現までの準備段階における、具体的なスケジュールを図-2 に示す。

図-2 案件実施までの具体的なスケジュール

	年 月	2012				2013				2014				2015	
		3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6
調査報告書の提出		▽													
1. 準備段階															
(1) コンサルタント調達			■												
(2) F/S 調査			■	■	■										
(3) EIA 調査と公表 (政府)			■	■	■										
(4) 住民移転計画作成			■	■	■										
(5) プロジェクトの実行決定 (政府)						■	■								
(6) 資金調達							■	■	■	■					
(7) 基本設計と建設計画作成							■	■							
(8) 入札公告、入札者の資格審査									■	■					
(9) 入札書類作成 (応札者)											■	■			
(10) 入札評価、契約交渉、締結													■	■	▽
(11) 用地取得及び住民移転							■	■	■	■					
(12) 既存施設移設										■	■	■			

出典：調査団

本プロジェクト実現のためには、リスクとなりうる幾つかの点について留意が必要である。まず本プロジェクトは、ジャワ幹線鉄道の複々線化及び電化事業、さらに対象地域における開発事業を前提としており、これらの進捗の遅れは本プロジェクトの実施に影響を与えうる。また、インドネシアで実施されている多くのインフラ整備案件で用地取得が問題となっている事からも、本プロジェクトにおいても重大なリスクになりうると認識し、用地取得及び非自発的住民移転を可能な限り最小化する事が重要である。資金調達については、特にインドネシア政府側が円借款等の長期低金利の資金をいかに調達するかが課題となる。

(8) 調査対象国内での事業実施地点が分かる地図

図-3 事業実施地域



出典：調査団

平成 23 年度 民活インフラ案件形成等調査

エルサルバドル・太陽熱・地熱熱水統合発電に係る 案件形成調査

報告書要約

平成 24 年 2 月

経 済 産 業 省

委託先： J F E エンジニアリング(株)
双日(株)
特定非営利活動法人循環型社会推進センター

(1) プロジェクトの背景・必要性等

エルサルバドルでは、近年、電力需要の伸びが顕著である(図1)。2009年の統計によると、電力設備構成は、輸入燃料に依存する火力発電が51%を占め、水力発電34%、地熱発電15%である。発電量の構成は、輸入燃料に依存する火力発電が45%を占め、水力発電27%、地熱発電25%、輸入電力3%である(図2)。

1996年の水力発電以外の発電及び供給分野の自由化以降、電力需要の伸びを民間投資による火力発電で補って来た為、電源を輸入燃料に著しく依存するという問題が生じている。一方、大型水力発電所は、ダム建設の反対運動がある為に建設が進んでいない。従って、今後は地熱発電や太陽熱発電のような再生可能エネルギーを利用した電源の開発が重要である。

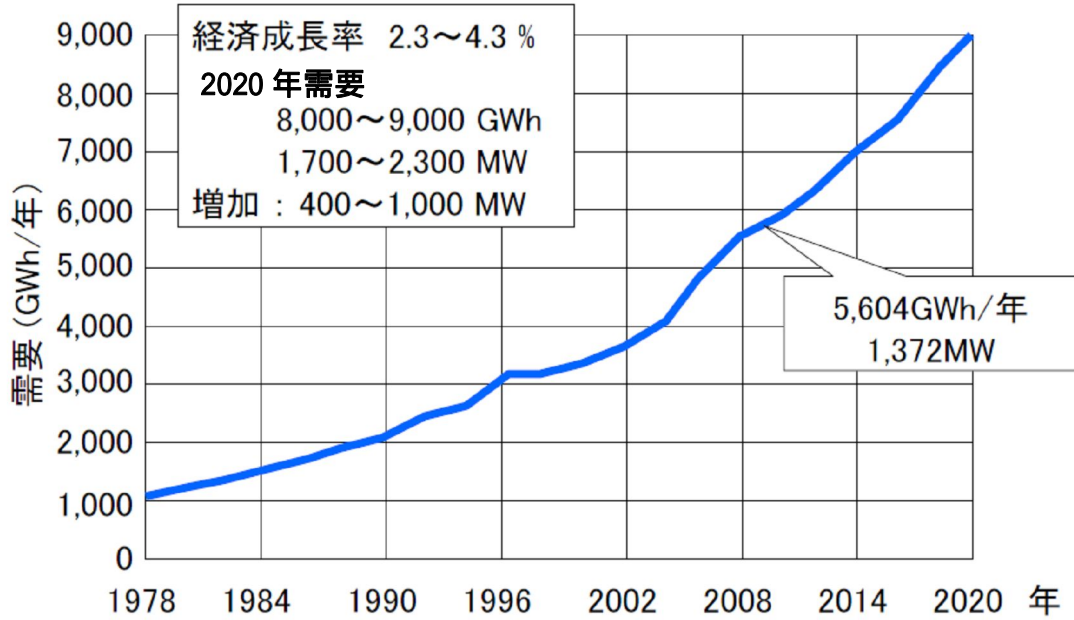
エルサルバドルでは、現在国際協力機構(Japan International Cooperation Agency, JICA)の協力によりエネルギーマスタープランの策定が計画されており、そこでは再生可能エネルギーの利用拡大が盛り込まれる予定である。

エルサルバドルは地熱資源が豊富であり、ラヘオ(LaGeo)が地熱発電を行っている。地熱発電は、発電量が安定しているため、ベース電源として活用されているが、新規地点での地熱開発には初期掘削リスクが伴う。ラヘオの既設の地熱発電所であるベルリン(Berlin)地熱発電所では、2007年より稼働しているバイナリーサイクル発電において、汽水分離後の熱水がイソペントタンを使って活用されているものの、その発電量は同発電所の総出力109MWの10%以下の規模である。

ベルリン地熱発電所には、まだ未利用の熱水があり、その安価な活用方法の検討が求められている。そこで世界初の試みであり、かつラヘオが発案し2006年からパイロット試験を行っている、地熱熱水を太陽熱で加熱して蒸気を製造し発電を行う「太陽熱・地熱熱水統合発電」を提案し、その実現可能性について調査・検討した。

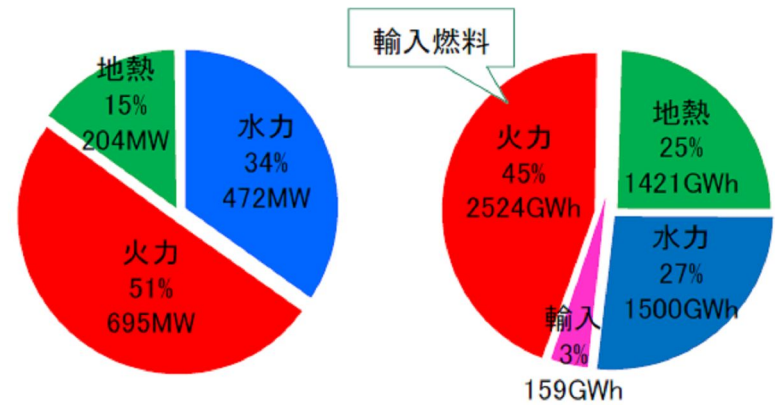
本提案が実現すれば、エルサルバドルの電力需要増加に対応できるのみならず、輸入燃料に依存しない、世界初の再生可能エネルギー利用発電技術を確立でき、同国の国際収支改善にも寄与する。

図1 エルサルバドルの電力需要の変化



出典：CNE 報告書 Política Energetica Nacional、2010

図2 エルサルバドルの電力構成



発電容量 1,372 MW (2009) 発電量 5,604 GWh (2009)

出典：CNE 報告書 Política Energetica Nacional、2010

(2) プロジェクト内容決定に関する基本方針

「太陽熱・地熱熱水統合発電」は再生可能エネルギーを利用する世界初の発電技術である。ラヘオは本技術に興味を持っており協力的である。地熱発電と太陽熱発電の両方の技術を有する企業はまだなく、また、現状ではこのような技術を用いた事業についての経済・財務評価も確立したものがない。

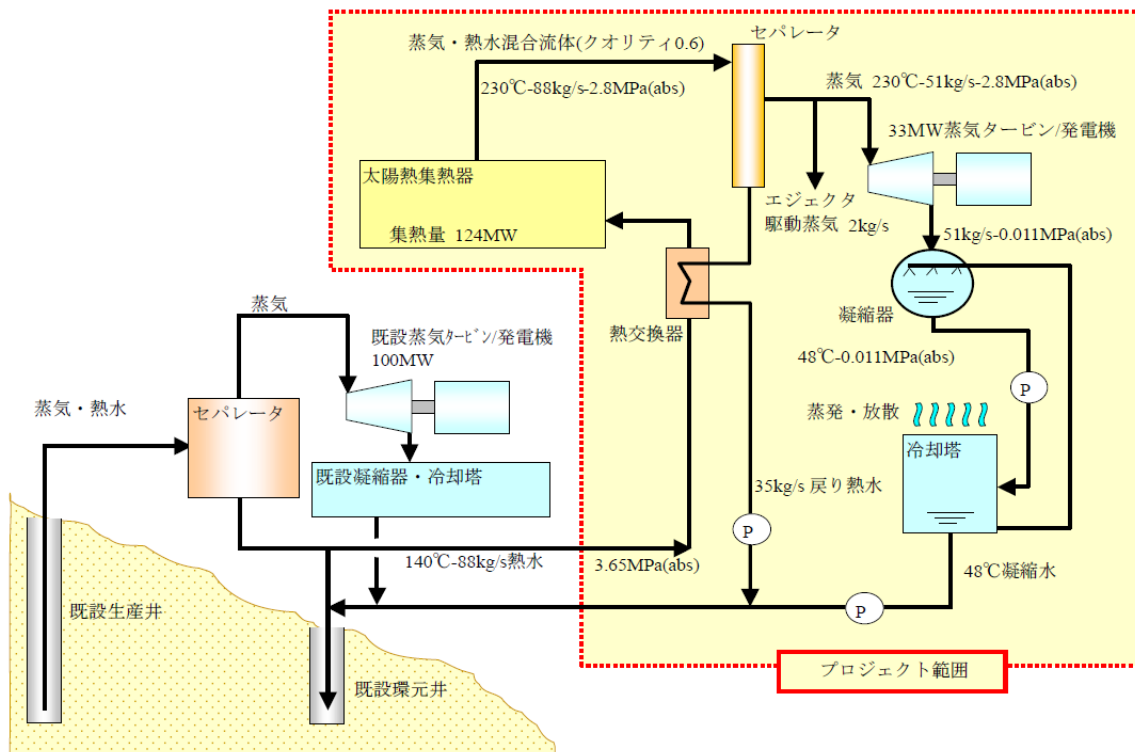
しかしながら、エルサルバドルでは再生可能エネルギー利用拡大を JICA が作成中の次期マスタープランに組み込む予定であり、その分野への新規投資に期待が高い。従って、今回の案件形成等調査により、太陽熱・地熱熱水統合発電技術の実現可能性に加え、事業化に当たったの事業性について関係者の理解が得られれば、次の段階として事業化可能性(Feasibility Study, FS) 調査が必要になると判断される。なお、ラヘオは、投資家間で紛争を抱えており、これが解決しないと一般投資家からの信用が得られないという課題も抱えており、この行方を見守る必要がある。

(3) プロジェクトの概要

1. 事業内容と事業総額

ラヘオベルリン地熱発電所の既存の 109MW 地熱発電設備から供給される地熱熱水を利用し、リニアフレネル型太陽熱発電設備を新規に付加して世界初の「太陽熱・地熱熱水統合発電」を実現するものである(図3、表1)。本事業の総投資コストは約1億3,900万ドルである(表2)。

図3 太陽熱・地熱熱水統合発電のフロー図



出典：調査団作成

表1 設計仕様一覧表

設計仕様			備考
発電量(発電端)	MW	33	ラヘオ社計画値
発電量(送電端)	MW	30	
(発電効率)	%	24.3	(=送電端発電量/太陽熱集熱量)
地熱熱水			
温度		140	現地ヒアリング
圧力	MPa(abs)	3.65	現地ヒアリング
流量	kg/s	88.3	
太陽熱集熱器			
入口温度		160.4	リアフレネル方式 熱交換器出口温度
出口温度		230.8	ラヘオ社計画値
出口蒸気割合		0.6	蒸気クオリティ。ラヘオ社計画値
出口蒸気流量	kg/s	53.0	
出口熱水流量	kg/s	35.3	
集熱量	kW	123,641	
タービン・発電機			
蒸気流量	kg/s	50.9	タービン効率80%、発電機効率98%
入口圧力	MPa(abs)	2.84	ラヘオ社計画値
出口圧力	MPa(abs)	0.011	現地運転データ実績
入口温度		230.8	飽和
出口温度		47.9	飽和
出口蒸気クオリティ		0.813	
凝縮器・冷却塔			
凝縮圧力	MPa(abs)	0.011	
凝縮温度		47.9	
熱交換器			
往熱水入口温度		140.0	温度効率90%、放熱ロス5%
往熱水出口温度		160.4	
往熱水流量	kg/s	88.3	
戻熱水入口温度		230.8	
戻熱水出口温度		180.0	ラヘオ社計画値
戻熱水流量	kg/s	35.3	
補機動力			
電力消費	MW	3.00	現地実績 + 太陽熱集熱器消費電力
エジェクタ蒸気消費	kg/s	2.00	非凝縮ガス用。現地実績より蒸気量の4%
年間稼働時間	h	1,773	太陽熱集熱器稼働時間
年間送発電量	GWh	53.2	

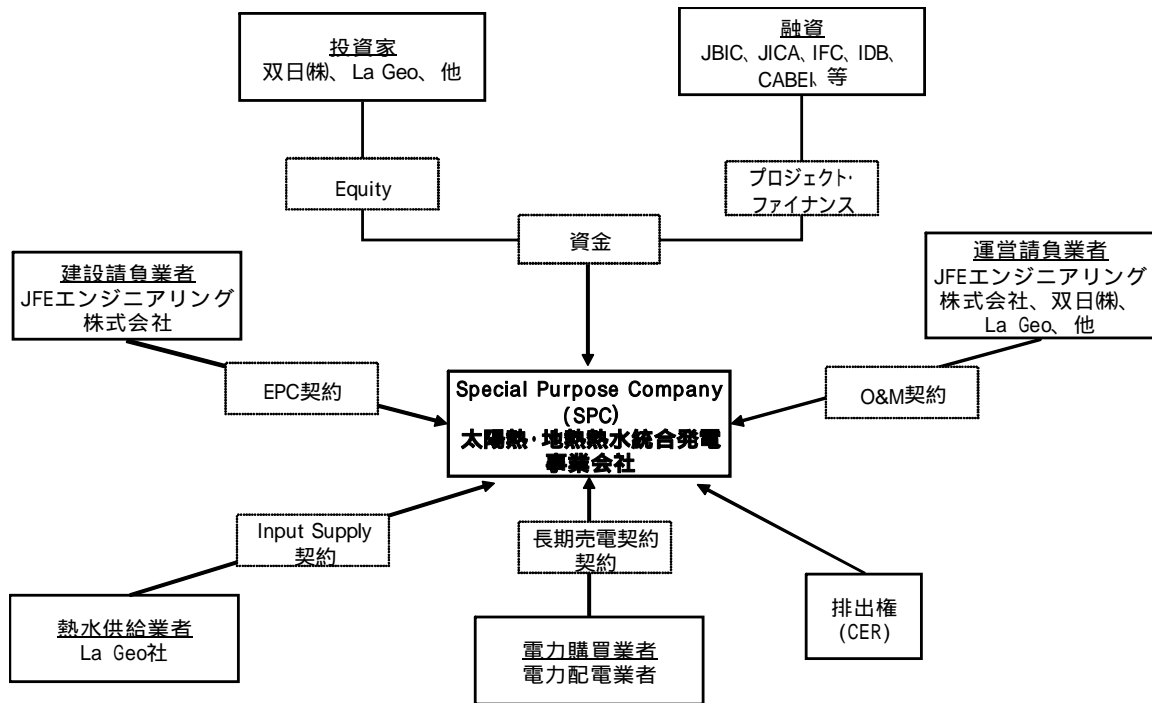
出典：調査団作成

表2 総投資

投資費用	US\$
設備投資額 (EPC 額)	128,040,000
設備投資費以外の費用	11,260,423
合計	139,300,423

出典：調査団作成

図4 本プロジェクトにおける事業形態



出典：調査団作成

2. 予備的な財務・経済分析の結果概要

感度分析による結果は表3のようにまとめられる。感度分析による想定シナリオの結果、ベースモデルは、資本支出の変化に最も敏感であり、資本支出の削減は、収益率の増加に影響を及ぼす。しかし、その半面、資本支出が少しでも上昇した場合、収益率に負の影響をもたらすことも考えられる。しかし、資本支出に対する収益率の変化は、他のシナリオに比べ、より敏感に反応するが、資本支出の削減は、思うほど売電単価に反映されない。競争力のある売電単価まで単価を下げるには、相当量の資本支出を削減する必要があり、非現実的である。感度分析からも明らかのように、本プロジェクトの収益性にとって、売電単価は非常に重要な要因である。今回検討した4つのシナリオでは、なかなか売電単価を競争優位な数値まで下げることは難しい。

表3 感度分析の結果（プロジェクトファイナンスのシナリオ）

シナリオ: 収益の変化													
売電単価の増減(%)	-40%	-35%	-30%	-25%	-20%	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%	20%
プロジェクトHRR	7.3%	8.2%	9.0%	9.8%	10.6%	11.3%	12.1%	12.8%	13.5%	14.1%	14.8%	15.4%	16.1%
変動係数	4.19												
シナリオ: 製造コスト&運営コストの変化													
製造&運営コストの増減(%)	-40%	-35%	-30%	-25%	-20%	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%	20%
プロジェクトHRR	14.2%	14.1%	14.0%	14.0%	13.9%	13.8%	13.7%	13.6%	13.5%	13.4%	13.3%	13.2%	13.1%
変動係数	-3.88												
シナリオ: 投資コストの変化													
投資コストの増減(%)	-40%	-35%	-30%	-25%	-20%	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%	20%
プロジェクトHRR	21.6%	20.2%	18.9%	17.7%	16.7%	15.8%	15.0%	14.2%	13.5%	12.8%	12.2%	11.6%	11.1%
変動係数	11.52												
シナリオ: 為替レートの変化													
為替レートの増減	50	60	70	80	90	100	110	120	130				
プロジェクトHRR	7.8%	9.9%	11.8%	13.5%	15.1%	16.6%	18.0%	19.4%	20.7%				
変動係数	267.64												

出典：調査団作成

3. 環境社会的側面の検討

本プロジェクトの主な環境改善効果は、再生可能エネルギー利用発電による化石燃料使用削減である。その結果として二酸化炭素およびばい煙の排出が抑制される。それらの削減量を表5、表6に示す。

現地調査に基づき、プロジェクトが事業化される際に、環境社会配慮が適切に行われるために、現時点で考えられる今後の開発調査で必要な環境社会配慮項目を表7に示す。

表4 温室効果ガス削減量

項目	値
発電端出力 (MW)	33
所内利用 (%)	9.1
年間利用率 (%)	20.2
排出係数 (t-CO ₂ /MWh)**	0.693
温室効果ガス削減量 (t-CO ₂ /年)	36,861

** : 既設パイナリー発電 CDM-PDD 排出係数

出典：調査団作成

表5 ばい煙削減量

項目	SO _x	NO _x	ばいじん
発電端出力 (MW)	33		
所内率 (%)	9.1		
年間利用率 (%)	20.2		
排出係数 (t/MWh)**	0.02	0.023	0.001
ばい煙削減量 (t/年)	1,064	1,223	53

** : 固定発生源から大気への排出量、ILCDアドル規格 NS013.11.02:01

バンカ重油を使う内燃機関による発電ばい煙規制値表5

1 MW あたり排ガス量を 10,000Nm³/h とする。

出典：調査団作成

表6 本プロジェクトにおける現時点で想定される調査項目

項目	地熱資源	発電所	送電線
大気汚染	N	-B	N
水質汚濁	-A	-A	N
土壌汚染	-B	N	N
廃棄物	-A	-A	N
騒音・振動	-B	-A	N
地盤沈下	-B	N	N
悪臭	N	N	N
地形・地質	-A	-A	-A
底質	N	N	N
生物・生態系	-A	-A	-A
水利用	N	N	N
事故	N	N	N
景観	-B	-B	-B
非自発的住民移転	N	N	N
雇用や生計手段等の地域経済	+A	+A	+A
土地利用や地域資源利用	+A	+A	+A
社会関係資本や地域の意思決定機関等の 社会組織	C	C	C
既存の社会インフラや社会サービス	+A	+A	+A
貧困層・先住民・少数民族	N	N	N
被害と便益の偏在	C	C	C
地域内の利害対立	C	C	C
ジェンダー	N	N	N
子どもの権利	N	N	N
文化遺産	N	N	N
HIV/AIDS等の感染症	N	N	N
温室効果ガス	N	+A	N

+: 正の影響 - : 負の影響

A: 大きな影響が予想される B: 影響は小さい C: 影響は不明 N: 影響は無い

出典: 調査団作成

(4) 実施スケジュール

実施スケジュールを図5に示す。

本プレフィージビリティ調査において事業の可能性が証明された場合、プロジェクト実施に向けた次のステップはより詳細な構成要素を分析する大規模フィージビリティ/査定調査であり、プロジェクトリターンの可能性の緻密な調査を行う、プロジェクトのデューディリジェンスと呼ばれる場合もある。このデューディリジェンスはプレフィージビリティ調査に類似しているが、通常金融機関、コンサルティング会社、顧問会社やその他の機関が行う。この調査がどのように行われるかは組織により異なるが、種々の専門家から成る独立したチームが査定に参加する。本プロジェクト案についてはマクロ経済エコノミスト、財務・融資アナリスト、弁護士、エンジニア、電力事業専門家がプロジェクトのフィージビリティを分析する。本プロジェクトはプロジェクトファイナンスを利用することを提案しており、特別目的会社(Special Purpose Company:SPC)の管理能力、プロジェクトに出資するステークホルダー企業、プロジェクトで使用されるテクノロジー、エンジニアリング、調達、建設(Enjinairing, Procurement, Construction:EPC)企業の能力、維持管理、運用および整備・保守(Operation and Maintenance:O&M)企業の能力、プロジェクトからのキャッシュフロー、プロジェクトの経済への寄与などが、デューディリジェンスの間、特に念入りに分析されると想定する。

大規模なフィージビリティ調査が行われると仮定して、分析に要する時間は少なくとも6カ月掛かると想定する。フィージビリティ調査でプロジェクトのポテンシャルが証明されれば、その次は入札に参加するための準備段階となる。この段階ではプロジェクトで発電される電力を販売するための長期契約を目指し、参加する入札に関連する文書の準備を含み、プロポーザルを要請する。この段階には数カ月かかると仮定しており、その後、公共入札への実際の参加となる。入札参加を申し込み、プロポーザルを作成するには数カ月かかると仮定する。つまり、フィージビリティ調査のあと入札の結果が分かるまで約5カ月を要すると予測している。

入札が決まった場合、実際の契約交渉が行われ、調印することとなるが、このプロセスが完了するまで数カ月かかると予測している。並行して借り入れの交渉が行われるが、借入合意までのプロセスには3~6カ月かかると予測している。また、それと並行してプロジェクトチームは原料供給の契約を成立させ、プロジェクトが原料供給を確実に受け取れるようにする必要がある。

図5 実施スケジュール

	期間 (月)	1年目				2年目				3年目				4年目
		1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q
FS	6	■												
入札準備	6			■										
契約	3					■								
借入方法決定	6					■								
エンジニアリング	6					■		■						
調達	20					■		■		■		■		
整地	5					■		■						
建設工事	18					■		■		■		■		
試運転	6									■		■		
営業運転														→

(5) 実施に関するフェージビリティ

エルサルバドルでは、今後 JICA によって作成されるエネルギーマスタープランに基づくエネルギー政策が取られる可能性が高い。このマスタープランでは、再生可能エネルギー利用拡大を提案しており、そこで世界初の試みであり、ラヘオが発案し 2006 年からパイロット試験を行っている、地熱熱水を太陽熱で加熱して蒸気を製造し発電を行う「太陽熱・地熱熱水統合発電」が実現する可能性がある。本提案が実現すれば、エルサルバドルの電力需要増加に対応できるのみならず、輸入燃料に依存しない、世界初の自然再生エネルギー利用発電技術を確立でき、同国の国際収支改善にも寄与する。

また、前述したように財務的・経済的な分析結果が示されているが、今後、より詳細なフェージビリティ調査を行って、これらの評価の精度を高める必要がある。

(6) 我が国企業の技術面等での優位性

1 . 技術面

太陽熱と地熱熱水の統合発電技術は世界初の技術であり、地熱発電設備と太陽熱発電設備の両方の技術・ノウハウを有する企業は限られる。J F Eエンジニアリング(株)は、国内外で地熱発電プラントの建設実績が有り、太陽熱発電についてはドイツのSPG (Solar Power Group) から、リニアフレネル型太陽熱発電技術を導入済みで、今回のプロジェクトに対応可能である。

本プロジェクトでは、太陽熱集熱設備は日本で基本設計を行い、アメリカやメキシコで材料調達および部品製作を行ってエルサルバドルに持ち込むことを前提としている。材料調達および部品製作にあたっては、日本の品質管理手法を適用して品質の維持管理を行う。しかしながら、今回適用する予定のリニアフレネル型太陽熱集熱設備はドイツから技術導入したものであるため、技術導入元のドイツ企業より技術面で優位性があるわけではない。

発電設備は日本で基本設計を行い、日本製の機器を採用することを前提としている。ペルリオン地熱発電所の3機の発電設備のうち、1号機及び2号機はEPC主契約者である住友商事(株)の元で西日本技術開発(株)がエンジニアリングを行い、富士電機(株)が納入した。1999年11月以降、両機はほぼ全負荷運転を継続しており、日本の技術に対して高い信頼感があり、日本企業に技術的優位性があると判断できる。

2 . 経済面

1980年代、欧米において電力の自由化が進み、民間事業者の電力事業参入がビジネス機会として注目され始め、1990年代に入り独立発電事業者 (Independent Power Producer: IPP) プロジェクト市場が大きく拡大していった。

しかし、2000年～2001年にかけてのカリフォルニアの電力危機が大きな社会問題となるなか、2001年には米国エネルギー会社エンロンが経営破綻する。これらを受け、米系IPPデベロッパーのなかには海外事業の継続が難しくなる場所が続出し¹、海外資産を売却して「本業回帰戦略 (Back to the Basics) 」と称される、堅実で安定した規制部門事業を中核に据えた経営体制を押し進めるようになった。一方、欧州の電力事業者も欧州市場での業界再編の流れのなかで、海外事業を見直すところが出てきた¹。

このような状況下、日本企業の市場参入余地が拡大し、日本の商社やユーティリティ企業による新規案件の組成や米系資産の買収が行われるようになってきた¹。

商社は元々、EPCを請負う形で発電所建設にかかわってきたが、近年、発電事業への参入を本格化させている。EPCにおける発電案件への取り組みを通じて、案件の開発、プラントの建設運営、電売契約の交渉、燃料の調達、ファイナンスの組成、法制面の知識など多様なノウハ

¹ 出所：「国際インフラ事業の仕組みと資金調達」(中央経済社、加賀隆一、2010年6月25日)

ウとスキルを身に付け、力を蓄えてきており、IPP 事業展開において優位な立場にあるといえる。

本案件の出資を検討している双日株式会社では、中・長期的な安定収益基盤を確立していく戦略の一環として、IPP 事業を重点分野と位置づけ、取り組みを強化している。同社では、新規案件への取り組みを積極的に進めていく方針で、持分発電容量を 2013 年度には 1,700MW (建設中含む) にまで拡大する計画である。

(7)案件実現までの具体的スケジュール及び案件実現を阻む リスク

1 . 技術面

技術面でのリスクとして、地熱流体の利用に伴うスケーリング（地熱熱水に溶存している成分の析出）問題がある。

スケーリングの発生が懸念される場所は、地熱熱水配管、太陽熱パネルおよび熱交換器である。太陽熱パネルでは地熱熱水から蒸気を発生させるため、全量を蒸発させないにしても残存熱水に溶存成分が濃縮され、スケーリングが発生しやすくなる。また、熱交換器ではその濃縮された熱水から熱エネルギーを回収して温度低下させるため、さらにスケーリングが発生しやすい。スケーリングは地熱流体の温度、溶存成分とその濃度、pH などの影響を受けるため一般化して評価することは非常に困難であるため、実際の地熱流体での実証試験による評価が望まれる。

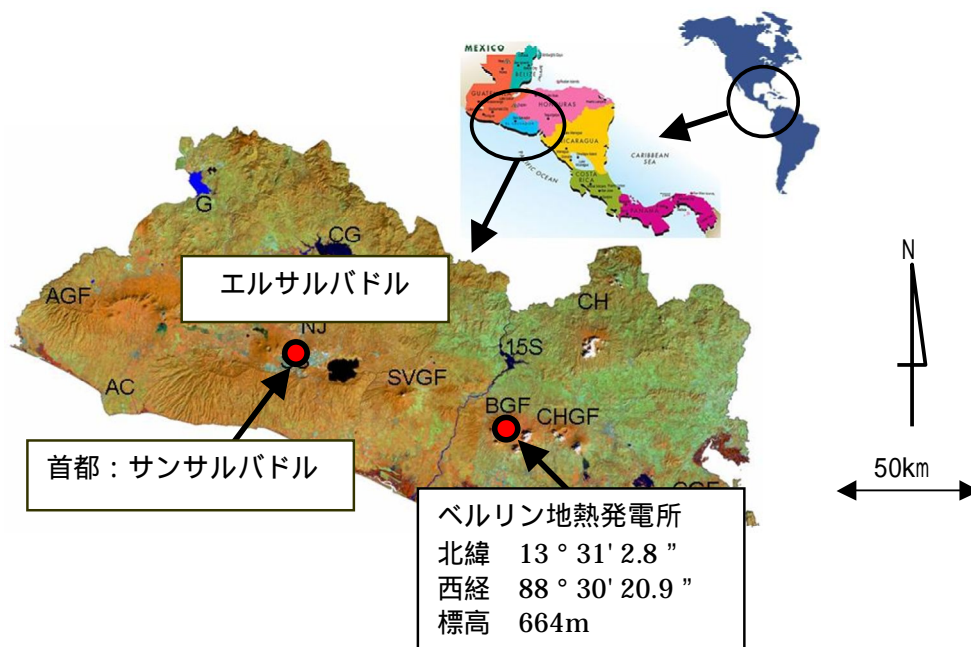
スケーリング現象に関して最も情報および知見を有しているのは、現地で実際に地熱流体を扱って発電事業を行っているラヘオである。ラヘオは本プロジェクトの検討および計画に当たり、スケーリングが課題となることを承知しており、2012 年 3 月以降に現地にて実際の熱水を用いた太陽熱による加熱蒸発試験を計画中である。その結果によっては本プロジェクト計画が見直されることも考慮される。

2 . 経済・財務面

本プロジェクトは信頼できるオーナー（スポンサー）企業を擁している。EPC と O&M 請負会社は、その質の高さと国際的な経験により世界的に名声を築いている。テクノロジーは信頼でき、プロジェクトの環境リスクは低い。その上、購入者契約と原料供給契約により、収入リスクやインプット供給リスクを低減し得る。エルサルバドルに於いては太陽熱エネルギーが参入する際の障壁は比較的低いものの、原料供給契約がプロジェクトの参入障壁を高くする可能性もある。しかしながら、地熱・水力エネルギー以外の再生可能エネルギーに対する政策は未だ明らかになっていない。地熱と水力以外の再生可能エネルギーはコストが高くなりがちなので、これらのエネルギーが地熱や水力と競争するのはまだ難しい。従って、これらのエネルギー源を用いた電力の販売に対しての特別なはかりを期待する必要がある。しかしながら、エルサルバドルは財政困難に直面しているため、最終消費者側又は生産側における電力向け補助金の長期的供給は難しいと考える。

(8) 調査対象国内での事業実施地点が分かる地図

図6 エルサルバドル及びベルリン地熱発電所の位置



出典：調査団作成

平成 23 年度 民活インフラ案件形成等調査

カンボジア・メコン川上流西岸地域農業・物流インフラ 整備事業調査

報告書要約

平成 24 年 2 月

経 済 産 業 省

委託先：(株)日本開発政策研究所
出光興産(株)

1. 背景と必要性等

1-1. カンボジアにおける地域・産業分野の方針

本事業の主対象地であるクラチエ州はカンボジアの東北地域（他はモンドルキリ州、ラトナキリ州、ストゥントレン州、プレアビヘア州）に位置する。同地域はカンボジア国内でも最も開発が遅れている地域であり、他地域との経済格差が大きい。このため、2011年12月、フンセン首相は2020年までに東北地域を国内の第4の「経済開発地域（Economic Development Zone）」にすると発表した（現在プノンペン、シハヌークビル、シエムリアップが3大経済開発地域）。

また、同発表の中で、フンセン首相は農林産業と鉱業を東北地域開発における優先分野と位置付けている。特に同地域は100万ha以上の未利用地を有し、農業開発が進めばアジアの食料基地になりうる可能性を持つ。また、同国政府は農産物開発方針として、現在農作物を未加工のまま安価に隣国のタイ、ベトナムに供給している原料輸出型の産業構造から脱却し、自国で農産物の加工を行い、高付加価値化した上で直接国際市場に輸出できる体制を整えることを目指している。

地図1: メコン川上流地域の農業開発の可能性



(出典：調査団)

1-2. メコン川水運の再生と強化の重要性

東北地域における物流を概観すると、これまで同地域の物資の輸送にはメコン水運が利用されてきた。フランスの統治時代に航行支援設備が導入され本格的に水運物流が開始さ

れて以来、メコン川は同地域の主要な輸送手段となっていた。産業用途としては主に木材の輸送に利用されてきたが、2002年の違法伐採及び木材製品輸出の規制以降は、輸送需要の減少に伴い水運は衰退しているのが現状である。メコン川上流地域の農業開発を実現するためには、年間を通じた水運物流を再開することが重要である。

1-3. 農業開発・農業投資の停滞

一方で同地域での農業開発動向を見ると、限定的な農耕地では、未だ大部分が天水農法を利用した自給自足農業に留まっており、広大な未利用地が残っている。カンボジア政府は、未利用地の有効活用のための農業開発プロジェクトを奨励する目的で、2005年に民間投資家へ政府の土地をリースする経済土地コンセッション(ELC)スキームを導入している。これまで数多くの外国投資家、特に中国と韓国企業がELCを利用した農業関連の投資事業を進めており、現在まで全国100近くのELCが国内外の投資家に付与されている。

しかしながら、現時点での大規模農業事業としての成功例は少ない。これは農地として開発する目的ではなく、単に投機目的とした土地取得が行われていることや、地方で大規模な土地を入手できても周辺インフラがないために開発進まないことが挙げられる。この土地問題、インフラ未整備、事業リスクを減少させるための制度的支援が不足していることが、カンボジアにおいて農林業投資事業が進まない要因の一つである。

1-4. 官民連携プロジェクト

本提案事業は、カンボジアにおけるこれらの課題を解決するため、メコン川上流域で農業開発を進め大量の物流需要を創出すると同時に、メコン川の航路改善による水運の再生・強化を実施し、東北地域全体の地域経済開発に寄与することを目的とする。調査では、東北地域の中でも特にメコン川上流西岸地域において、具体的な第1号農業案件として、日本企業によるキャッサバ・バイオエタノール案件を想定し、農業と物流を複合的に開発する事業計画の策定を行う。

本プロジェクトの実現に当たっては、水運開発を含むカンボジア政府によるインフラ整備と、農業関連開発を含む民間投資が同時並行的に進むことが重要となるため、具体的な案件を提示し、双方が共通のビジョンとコミットメントを持って実施していくことが求められる。本プロジェクトは、カンボジア政府の東北地域開発政策に合致しており、また東北地域開発の核となる重要案件になりえることから、官民連携プロジェクトとして推進していくことが可能であると考えている。

2. プロジェクトの内容決定に関する基本方針

本調査では、具体的な農業開発事業とその事業が競争力を持つために重要となる河川物流インフラ開発を目的として、以下の5つのコンポーネントを複合的に開発するプロジェクトの策定及び事業性評価を行った。

- A 農園、チップ工場、関連インフラ
- B 河川港インフラ
- C 河川物流（河川航路開発）
- D 航行支援設備
- E エタノール製造プラント

開発スキームを検討する上で、競争力のある輸送を実現するためには、生産地で加工することで高付加価値化し、低コストで輸送するシステムが有効であるということ、また未開発地に農業投資を誘致するためには、関連インフラを完備した基地の開発が必要であるという観点から、以下の3つのプロジェクトを構成し事業計画を検討した。

- A. 農園とインフラをパッケージで開発する農業特区プロジェクト
（関連インフラ、河川港インフラ）、
- B. 大量輸送を可能とするメコン水運の再開・強化プロジェクト
（河川航路開発、航行支援設備）
- C. 具体的な農業案件としてのキャッサバ・バイオエタノールプロジェクト
（農園、チップ工場、エタノールプラント）

各プロジェクトの基本方針は以下の通り。

A. 農業特区プロジェクト

農業インフラは農業特区方式で提供する。農業特区は農業プロジェクトのための基本インフラを提供するとともに、SEZ法の適用により事業コスト・リスクを減らすことを目指す。この特区方式は、カンボジアでの経済特区（SEZ）方式の実際の成功体験に基づいている。プノンペンSEZをはじめ製造業を対象としたSEZは、カンボジアで成功を収めており、SEZ方式でのインフラ整備により日本企業がカンボジア投資を開始するきっかけとなった。SEZに入居した企業は法人税、関税などの免除や行政手続きのワンストップサービスを受けることができる。農業特区方式は、従来のSEZ方式を、農業分野に適用するものである。

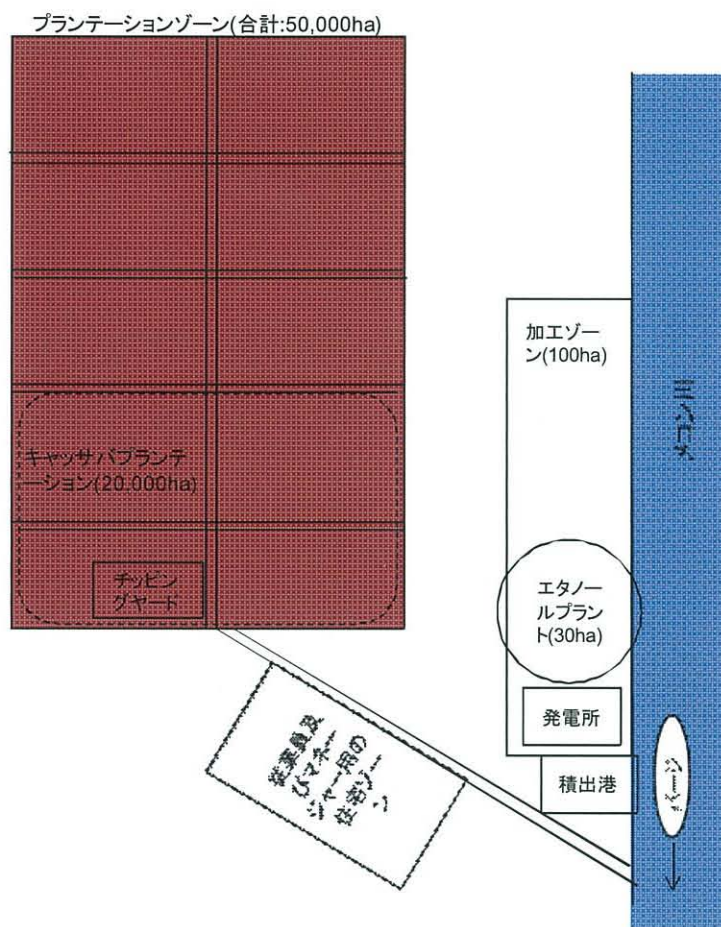
3. プロジェクトの概要

3-1. プロジェクトコンポーネント

A. 農業特区プロジェクト

農業特区の概念設計を、以下の図1に示す。農業特区の主なコンポーネントは1) プランテーションゾーン+アクセス道路、2) 加工ゾーン+バイオマス発電所、3) 居住ゾーン、4) 積出港である。

図1: プロジェクト概念図



(出典：調査団)

2005年に制定された現在のSEZ法は製造業のみを対象とした内容となっているため、法律改正が必要となる。通常は具体的なプロジェクトの申請をもって法改正が進められるため、まずCDCのSEZ委員会にプロジェクト申請を行い、閣僚会議で首相の承認を経て同委員会からのSEZ認定とともに改正法が成立することとなる。現時点では、SEZ委員会及び閣僚の法律担当者と継続的な意見交換を行っており、申請されれば適用されることを確認している。予定として2012年夏頃に申請を行い2012年末には改定され適用されることを想定している。

B. 水運再生プロジェクト

メコン川上流水路は公共的なインフラであるため、水路の改善・維持は法律によりMPWTが所管することとなっている。メコン水運はフランス統治時代に開発されたが、森林伐採が禁止され同地からの輸送需要がなくなるとともに衰退した。2006年に実施されたベルギーの水運物流開発マスタープランは、衰退した現状の物流をベースとした需要予測に基づき計画されている。そのため、開発計画はカンポンチャム下流が中心となっており、メコン川上流の水路開発は限定的である。しかしながら、東北地域の農産物生産ポテンシャルと開発動向を考慮すると、潜在的な物流需要は大きく、メコン川上流でも同様に水路開発の必要性が高まることが予測できる。

そのため、本提案ではMPWTが主導で、今後進展する農業開発に伴う物流需要に歩調を合わせるかたちで水深の浅い箇所を浚渫（しゅんせつ）し、1,000-2,000tのバージが航行可能（水深5m、幅100m程度）な水路の開発を行うことを計画とする。これにより、メコン川上流地域における水路の利用を再び推進するとともに、物流コストを大幅に削減することに繋がり、農業開発のスピードと範囲を飛躍的に高めることが可能となる。

C. キャッサバ・バイオエタノールプロジェクト

キャッサバ・バイオエタノール案件においては、初めの4年間で20,000haの開墾を行い、同期間はキャッサバ乾燥チップを生産・販売する。農園開発を進めていく中で、ベトナム、タイのエタノール市場が好転し、エタノールプラントへの投資が有利と判断された段階で、エタノールプラントへの投資に踏み切る。本調査では2015-16年には判断をし、2017-18年にプラント建設を想定している。

物流コストの観点からは、プラントの立地はクラチエにした場合に最も競争力がある。そのため、クラチエに積出港（今回の提案では農業特区の一部となる）を建設し、大量のバルク貨物を効率的に扱うことができるようにする。浚渫が実施されるまでの当初期間は雨季を中心にキャッサバチップを運ぶことを想定。エタノールが輸出される2018年までには浚渫を実施し、1,000tのタンカーが航行できるようにし、通年エタノールの出荷ができるようにする。

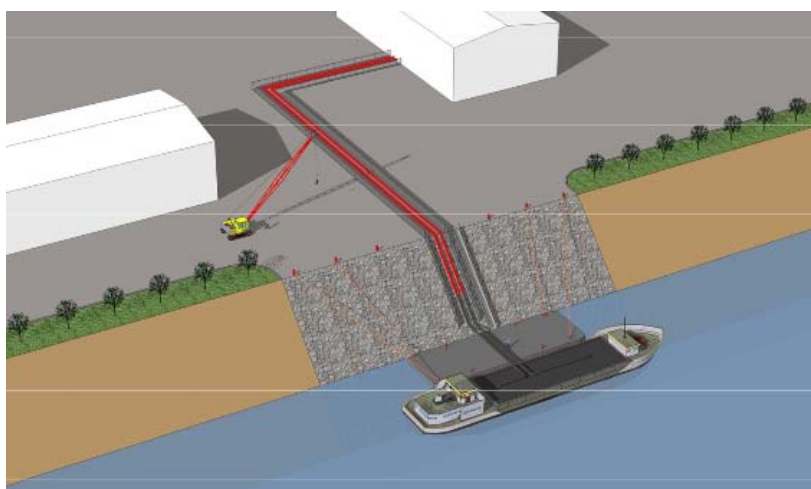
下図2、3は、積出港の概念図である。

図2: ランプタイプの積出港のイメージ (川下から見た場合)



(出典：調査団)

図3: カタマランタイプの積出港のイメージ (川下から見た図)



* カタマランタイプは、2艘の船をつないだ形状。水位の変化に対応できるものである。

(出典：調査団)

農業特区の基本仕様を下表 1 に示す。

表 1：農業特区のインフラ整備計画

プロジェクト	フェーズ 1： 2013-2016	フェーズ 2： 2017-18	フェーズ 3： 2019
土地開墾	20,000ha	20,000ha	10,000ha
加工ゾーン	30ha	40ha	30ha
道路整備	45km	40km	15km
積出港	ランプタイプ	カタマランタイプ	-
バイオマス発電	1MW	4MW	2MW

(出典：調査団)

農業特区の投資計画を下表 2 に示す。

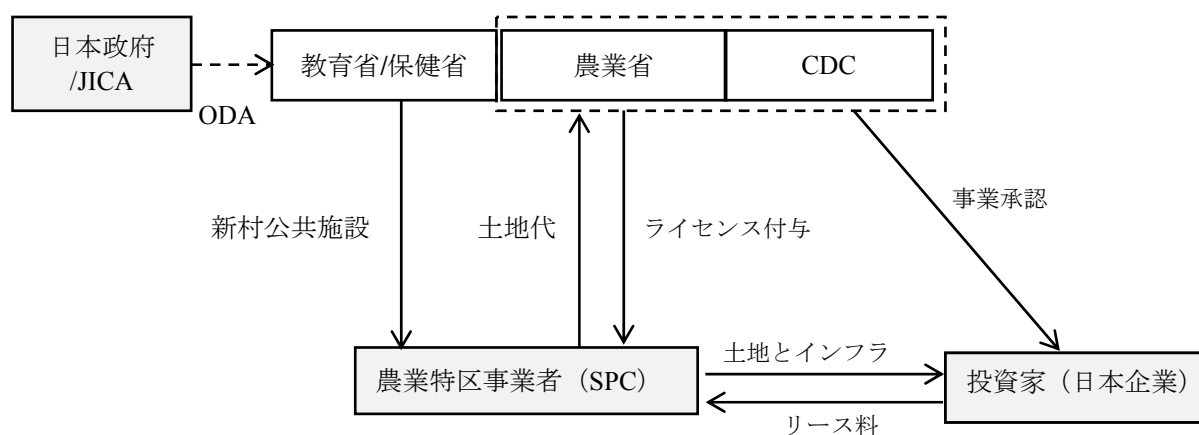
表 2：農業特区の投資計画 (単位：100万ドル)

プロジェクト	フェーズ 1： 2013-2016	フェーズ 2： 2017-18	フェーズ 3： 2019
土地開墾	20.6	20.6	10.3
加工ゾーン	6.5	14.0	8.5
道路整備	0.3	0.3	0.2
積出港	0.5	0.7	-
バイオマス発電	2.0	8.0	4.0

(出典：調査団)

実施スキームを下図 4 に示す。現地民間企業が農業特区事業者 (SPC) となり、日本企業を含む投資家が、農業特区に入居して農業生産及び加工を行う。政府開発援助としては、農業特区に建設予定の新村における公共施設を想定している。

図 4：農業特区実施スキーム



B. 水運再生プロジェクト

MPWT が 2017 年までに浚渫を行うと想定した。現地におけるヒアリングに基づき浚渫のコストを 1 ドル/m³ とすると、推定の浚渫量は 1,000 万 m³ であるため、浚渫コストは 1,000 万ドルと見積もられる。また、2018 年以降のメンテナンス浚渫は、MPWT からのヒアリングより 2 年に 1 度行われることを想定している。

表 3: 調査団による浚渫計画及び浚渫量の推定

浚渫箇所	長さ (km)	浚渫量 (m ³)
1. クラチエ: クラチエ州のカンピ地域	5.5	1,000,000
2. チュロン:カンポンチャムから 67 km 上流	23.5	5,500,000
3. クローチ・チュマール: カンポンチャムから 47 km 上流	1	500,000
4. カオ・サムラン: カンポンチャムから 78 km 上流	13	3,000,000
合計	45.5	10,000,000

(出典: 調査団)

水路改善計画を下表 4 に示す。

表 4: 水路改善計画の提案

	フェーズ 1: 2013-2017	フェーズ 2: 2018~
浚渫	4 か所で浚渫を行う (水深 5m、幅 100m)。推定の浚渫量は 10,000,000 m ³ (カンポンチャムからサンボールまでの区間)	メンテナンス浚渫を 2-3 年ごとに 4 か所で行う。
航行支援設備	浮遊ブイを航路に沿って設置。	航行支援設備のメンテナンス。特に大雨、洪水の後に。

*1999 年の深浅図を基に作成。正確な試算のためには新しい調査が必要。

(出典: 調査団)

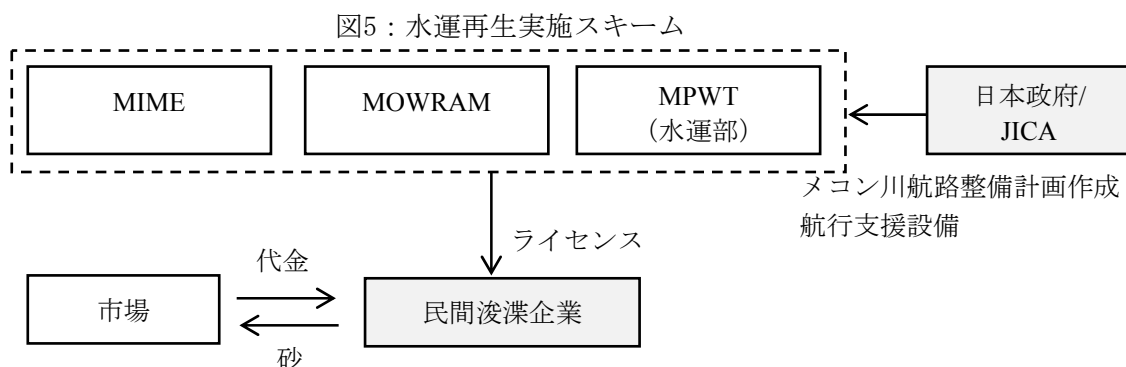
下の地図 2 に 4 か所の浚渫の実施候補地を示す。

地図 2: 浚渫候補地



(出典: 調査団)

実施スキームを下図 5 に示す。現地政府機関が政府援助機関の支援によりメコン川航路整備計画を策定し、民間浚渫企業に対してライセンスを与えて航路開発を行う。



C. キャッサバ・バイオエタノールプロジェクト

フェーズ1: チップ事業

初めの5年間はチップビジネスの事業形態をとる。20,000haの土地を4年で開発する。収穫されたキャッサバ(生芋)はチップ工場で乾燥チップ化(キャッサバチップ)される。

キャッサバチップは乾季の期間は倉庫で貯蔵し、雨季を中心に 1,000t 規模のバージで輸送する。

フェーズ 2：エタノール事業

農園 20,000ha 全体が開発されたのち、2017-2018 年にエタノールプラントを建設し、2018 年末からエタノールの生産を開始する。生産されたエタノールは 1,000t のタンカーバージによってホーチミンまで輸送される。

本提案のキャッサバ農園、チップ工場、基本仕様は以下の通りである。

- 自社農園：20,000 ha
- 単収：30 t/ha/y (生芋)
- 生芋：600,000 t/year
- 乾燥チップ：300,000 t/year
- 乾燥ヤード：60ha
- チッパー：処理能力は 2000t/d (生芋)
- バイオエタノール生産：10,000kl/y

表 5：キャッサバチップ・エタノール生産計画

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
土地開墾 (ha)	5,000	10,000	15,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
栽培 (ha)	5,000	10,000	15,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
エタノールプラント					建設	建設 テスト	稼働 90%	稼働 100%
輸出								
チップ (t)	75,000	150,000	225,000	300,000	300,000	300,000	300,000	300,000
エタノール (kl)							90,000	100,000

(出典：調査団)

表 6：バイオエタノール事業の投資コスト (単位：100 万ドル)

		2013-2017	2018-2019
土地取得	プランテーション	20	-
	エタノールプラント	9	-
建設	プランテーション内道路	1.8	-
	チッパー	10	-
	エタノールプラント	30	32
合計 (その他の投資も含む)		107.8	

(出典：調査団)

キャッサバ・バイオエタノールプロジェクトの実施スキームは、農業特区プロジェクトに記載の通り。

3-2. 予備的な財務・経済分析

本プロジェクトを構成する3つのプロジェクトの事業総額は下表7の通りである。

表7: 提案事業の事業総額 (単位: 100万ドル)

プロジェクトコンポーネント	事業費
A. 農業特区	79.7
B. 水運再生	11.9
C. キャッサバ・バイオエタノール	108.1
合計	199.7

(出典: 調査団)

A. 農業特区とC. キャッサバ・バイオエタノールプロジェクトのFIRRは40.5%と63.8%とそれぞれ高く、民間事業として進めていくことが十分可能である。また、EIRRもそれぞれ132.2%、100.2%と更に高い値となっており、農業特区でのバイオマス発電及びプランテーション部門での新規雇用等が国内資源を使うことによって、大きな影響を与えている。

B. 水運再生プロジェクトについては、1,200万ドル程度の投資で水深5m、幅100mの水路が開発でき、これは東北地域全体の物流コストを押し下げ、農業開発を躍進させる起爆剤となるため、経済効果の非常に高い案件と言える。同プロジェクトは、政府事業を想定しているため、収入が発生しないことからFIRRは算出出来ないが、EIRRは33.2%となっており、地域開発に大きく貢献する事業である。A.B.C.の全体を併せたFIRRも51.3%となり、財務的に採算性が十分な事業となる。

3-3. 環境社会的側面の検討

環境社会的影響の検討に関して、最も注意を要する点は、1) クラチエーサンボール間での航路改善・浚渫と2) 村の移転及び農園労働者の入植である。

メコン川のクラチエ市5km上流地点からラオス国境までは、ドラフト政令により希少生物の生息地として保全地区に指定されている。同政令の河川交通に関する規制としては、船舶等の航行速度制限(30km/h以下)が設けられているが、本事業の物流は規制を満たすものである。また、同地区での浚渫を含む航路改善及び開発事業に関しては、規制は設けられていない。また川底が砂質であることから生態系への影響も限定的と考えられるが、航路確保のための浚渫箇所や規模に関しては、実施段階で詳細な調査を行う必要がある。

また、本事業で検討している村の移転に関しては、対象農家に社会的土地コンセッション（SLC）を付与し住宅新設用の土地を提供する計画である。また、農園労働者の入植に対する配慮と併せて、水・電力等のインフラ及び学校・医療センター等の公共サービス、廃棄物処理施設等は事業敷地内に設置し、本事業のプランテーション、加工ゾーンや関連サービス業での雇用計画を検討し、生活水準向上を図ることを想定している。

4. 実施スケジュール

本事業を実現させるためには、3つのプロジェクトを同時並行的に進める必要がある。複数のコンポーネントから成る複合プロジェクトの場合は、重要なマイルストーンを共有し、それを実現するために各コンポーネントの開発スケジュールを調整する事が必要である。本プロジェクトは典型的なPPPプロジェクトであり、プロジェクトの成功のためには官民連携のコーディネーションが重要である。カンボジア政府には、JICAなど援助機関のサポートを得ながら、所定のタイムフレームに沿って公的プロジェクトを実施することを期待する。以下の図6は、本事業のロードマップを示したものである。

図6: ロードマップ

項目	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
<A. 農業特区>	事前	フェーズ 1			フェーズ 2		フェーズ 3			
SPC設立	設立									
50,000haのF/S調査	F/S・EIA調査									
土地開墾		5,000ha	10,000ha	15,000ha	20,000ha	3,000ha	40,000ha	50,000ha		
アクセス道路・住宅ゾーン・発電所		フェーズ 1 建設			フェーズ 2 建設		フェーズ 3			
積出港		ランプタイプ			カタマランタイプ					
<B. 水運再生>	事前	フェーズ 1				フェーズ 2				
M/P調査	要請	M/P調査								
浚渫			ライセン	初期浚渫			メンテナンス浚渫			
航行支援設備			航行支援設備設置			修繕(必要に応じて)				
<C. キャッサバ・バイオエタノール>	事前	フェーズ 1				フェーズ 2				
20,000haのF/S調査	F/S・EIA調査									
キャッサバチップ生産		75,000ton	150,000ton	225,000ton	300,000ton					
バイオエタノールプラント建設						建設	テスト			
バイオエタノール生産								稼働開始		
<政策/法律整備>										
農業特区法	申請									
バイオエタノール政策	要請	調査	政策策定							
<その他のインフラ開発>										
南北道路							要請	F/S・EIA調査	資金調	建設
電力送電線							要請	F/S・EIA調査	資金調	建設

(出典: 調査団)

5. 実施に関するフィージビリティ

本調査の結果、ベトナム向けのキャッサバ・プランテーションとエタノール生産は非常に価格競争力があり、事業性が高いことが明らかとなった。本事業は、メコン水運により輸送コストを低減させることができ、農園近傍でのエタノール生産することで、輸送量自体が縮小され、さらにコスト競争力が強化されるものである。

6. 我が国企業の技術面等での優位性

本提案事業の一つであるバイオエタノール事業においては、日本の石油産業が持つ石油燃料関連の基礎技術（燃料の品質管理、輸送、保管、プラント運営ノウハウなど）がそのまま利用できるため、日本企業が技術的優位性を持ち、投資を行う可能性がある分野である。実際、南米やアジア諸国では、既に日本企業がバイオエタノール事業に投資を始めている。また、途上国ではバイオエタノール事業に関連して、排水や汚臭などの環境問題が生じやすいが、日本企業はこうした環境関連技術に強い優位性をもつ。世界のバイオエタノール市場の急速な拡大を見越して、エタノールプラントや関連設備のメーカーが今後海外での受注を増加させる見込みである。

7. 案件実現までの具体的スケジュール及び実現を阻むリスク

案件の実現に向けた初期段階でのアクションプランとして、以下が挙げられる。

(1) 民間部門

- 1) 農園、加工ゾーン、バイオマス発電、物流計画の詳細調査（2012年）
- 2) 候補地でのキャッサバの試験栽培（2012年）
- 3) 候補地の ELC としての交渉と SEZ としてのライセンス受領（2012年）
- 4) 農業特区デベロッパーと農業案件の投資家間の MOU の締結（2013年）

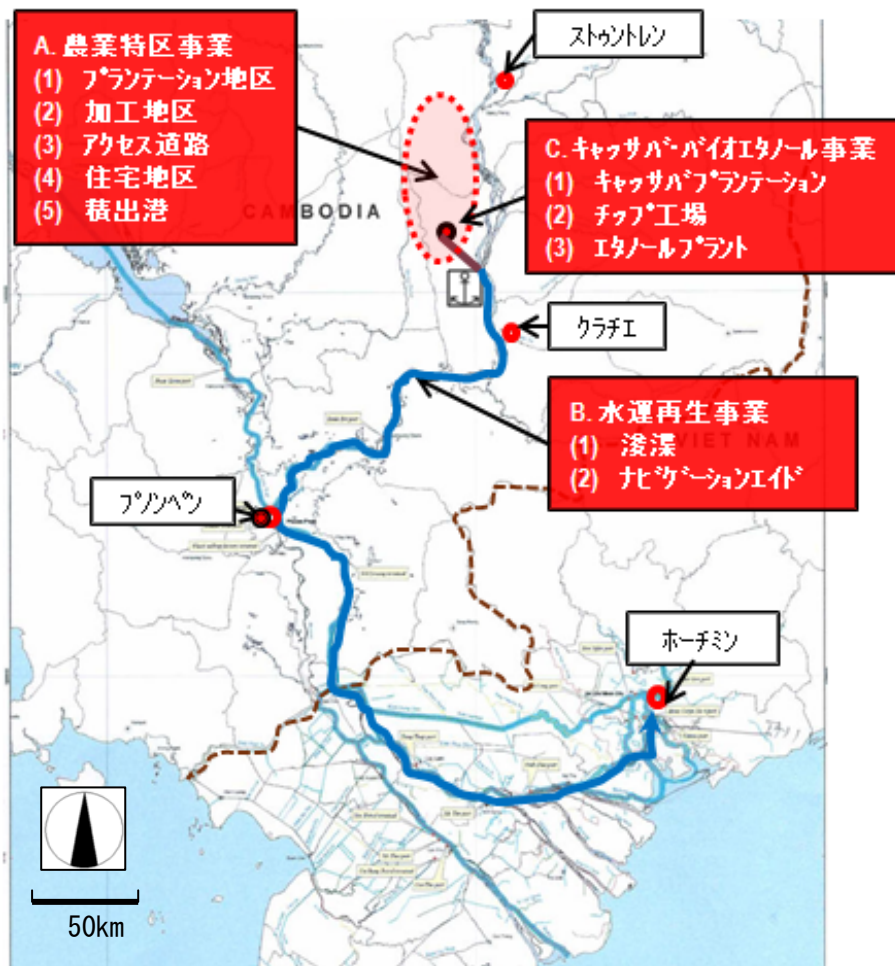
(2) 公的部門

- 1) 農業特区プログラムの承認（2012年）
- 2) メコン川上流水路開発の承認（2012年）
- 3) メコン川上流水路調査の開始（2012年）
- 4) メコン川上流地域（東北地域）の経済社会開発マスタープラン

8. 事業地図

本事業の位置を地図3に示す。

地図3: 事業地図



(出典: 調査団)

平成 23 年度 民活インフラ案件形成等調査

モザンビーク・肥料生産事業調査

報告書要約

平成 24 年 2 月

経 済 産 業 省

委託先：東洋エンジニアリング(株)
住友商事(株)

1 プロジェクトの背景・必要性等

農業はモザンビークの主要産業であり、モザンビークの労働人口の81%は農業に従事、GDPの28.8%を占める。綿、カシューナッツ、サトウキビ、茶、キャッサバ（タピオカ）、トウモロコシ、ココナッツ、シサル麻、柑橘類、トロピカル・フルーツ、ジャガイモ、ヒマワリ、牛肉、鶏肉はモザンビークの農業製品である。モザンビークの農業状況は次のように要約される。

1. 自給自足、低い生産性及び生産を特徴とする乾地農業
2. 弱い市場指向
3. 環境上不適当な慣行を伴う原始的な技術
4. 低品質、小規模生産

モザンビークには、アグリフォーカス、アグロケミカル及びアグロテックというわずか3社の肥料輸入業者が存在している。これらは主として南アフリカから尿素輸入している。輸入業者は、政府から輸入価格の3%をコミッションとして受け取っている。卸売業者は、肥料を50kg当たり70~80米ドルで購入、50kg当たり100米ドルで農民に販売している。この価格はモザンビークのGDPから見て決して競争的価格ではない。商業地区では肥料は5kg当たり10米ドルで売られている。

モザンビーク政府は今後の農業発展を模索しており、肥料の潜在的な年間需要は10万トンであるが、過去10年間に肥料の年間消費高は18,000トンから51,000トンに伸びており、尿素需要は生産する事により、需要が拡大する側面もあるが、今後一層の需要増加が見込まれる。

またモザンビークはその他アフリカ地域と比べても肥料消費高が少ない。

○ アフリカ :	20 kg / ha
○ サハラ以南のアフリカ :	8 kg / ha
○ モザンビーク :	5 kg / ha
○ アブジャ宣言 :	50 kg / ha (2015年まで)

ザンビア、マラウイ、ジンバブエ、コンゴ等の南部アフリカ共同体諸国も肥料輸入国であり、以下表の通り今後一層尿素需要が見込まれる事から、プロジェクトの必要性がある。

表1: SADC国間の肥料に関する経常消費及び予測の比較 (2007-2011年及び2011-2017年)

年	モザンビーク	ザンビア	マラウイ	合計
2007	28,000	180,000	270,000	478,000
2008	32,000	192,600	283,500	508,300
2009	33,000	206,100	297,700	540,800
2010	51,400	220,500	312,600	575,700
2011	50,000	235,900	328,200	613,100
2012	53,900	247,700	338,000	639,600
2013	59,300	260,000	348,200	667,500
2014	62,200	273,000	358,600	693,800
2015	71,700	286,700	369,400	727,800
2016	78,900	301,000	380,500	760,400
2017	86,800	316,000	391,900	794,700

出展 モザンビーク農業省発表資料「SADC国間の肥料に関する経常消費及び予測の比較(2007-2011年及び2011-2017年)」

上記は JICA が現在進めている日伯連携によるモザンビーク熱帯サバンナ農業開発事業「プロサバンナ」による農地拡大、生産性増加に伴う肥料需要の増加は見込んでおらず、モザンビーク農業省発表値以上の需要が予測される。

またアブジャ宣言では 2015 年までに現在のモザンビークの使用量の 10 倍になる 50 kg/ha の肥料使用の実現を目指している事から、更なる需要拡大が予測され、プロジェクト実現の必要性がある。

2 プロジェクトの内容決定に関する基本方針

モザンビーク政府は、過去80年間国内での肥料事業を熱望しており、実行に向けて基本的な障害はないと考える。モザンビーク側の計画を尊重してニーズを理解してよくプロジェクトの内容を検討して調査を進めるものとする。

1. 天然ガス確保

本調査ではパンデ/テマネガス田増産分の内、3,300 万立方フィート/日ガス確保する事を前提とする。

2. 建設地

本調査では、尿素の出荷・環境を考慮して本調査ではベイラ・ニュー・インダストリー・エリアをサイトとしている。

3. 尿素需要に基づいた生産量決定

モザンビーク政府は、モザンビーク国内、マラウイ、ザンビア、ジンバブエ等南部アフリカ共同体諸国のみならず、高価格で尿素が取引されている南アフリカに対しても販売したい意向である。2011年のモザンビーク、マラウイ、ザンビアの尿素生産量が61万3,000トンであるという実需面。モザンビークにおけるガス生産量の約1割に相当する3,300万立方フィ

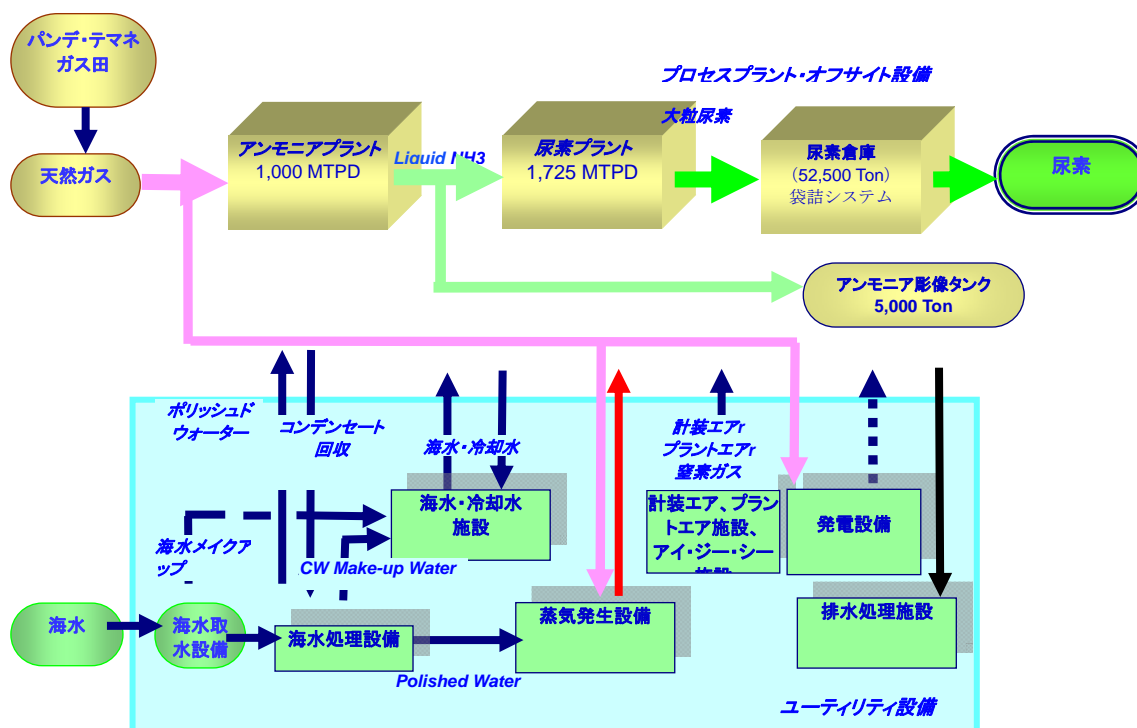
ート/日から可能な生産量。また世界的な標準生産量である尿素生産容量 1,725 MTPD をサブ
 サハラ初の最初のステップとして、1,725 MTPD を尿素の生産容量とする。

3 プロジェクトの概要

プロジェクトの概要は、以下の通りである。

- 建設地 : ベイラ・ニュー・インダストリアル・エリア
- 製品 : 尿素1,725 MTPD
- 出荷先 : モザンビーク国内ザンビア、ジンバブエ、マラウイ等
- 原料 : パンデ/テマネガス 田の増産分33mmscfd
- プロセス : アンモニアはKBR社の技術使用
 尿素は東洋エンジニアリング社のACES21使用
- 用役設備 : 発電は全量自家発電。海水取水して工業用水を造水。
- オフサイト設備 : アンモニアタンク、尿素タンク、50キロバッグ詰設備。

図1：プラント全体図



出典：調査団作成

(1) 事業費の積算

プラント費用及びオーナー側のコストは、以下の通りである。

表2：プラント費及びオーナー側コスト

項目	金額
EPC コスト	
-アンモニア・尿素プラント	5 億 500 万 USD
-用役・オフサイト設備	4 億 9,500 万 USD
-合計	10 億 USD
オーナー側のコスト	
操業準備費	6,700 万 USD
IDC	5,100 万 USD
予備費等	5,500 万 USD
-合計	1 億 7,300 万 USD

出典：調査団作成

(2) 予備的な財務・経済分析の結果概要

予備的な財務・経済分析を行う前提は以下の通りである。

- 収入は 2011 年 12 月時点での国際市場価格の尿素収入に基づいて計算され、建設中の期間のみインフレ分がこの価格に付加される。
- 尿素生産量は、1 日当たり 1,725 トンの尿素的生産で年間 330 日運転する計算に基づく。尿素的の全生産量は年間 569,250 トンである。
- キャッシュ・フローは 20 年にわたって割り引かれる。
- 金利は、Base rate 4% + CIRR 4.26%
- 減価償却は年間約 10%の定額法で計算される。
- ガス投入単価は百万 BTU 当たり 3.16USD する。
- 所得税は 5 年間免除される。しかし、その後、所得税は年間 32%で適用される。輸入税及び VAT はプロジェクト期間を通じて免除されると想定している。
- プロジェクト用地は国有財産の一部でリース契約となる。工業団地を管轄するベイラ州職員によると土地利用に際して、1 m²=10 メティカ 1 回支払う必要があるとの事から 20 ha 分積算。
- 債務返済期間は 8.5 年。

以上の前提に基づき財務分析を実施すると FIRR は 15.31%となり、資金の回収期間は 6 年となる。

1. 尿素供給により農業生産が増加

モザンビークの GDP は 100 億ドルとなり、農業は 25%の 25 億ドル。尿素供給により農業の GDP の 5%分（1 億 2,500 万ドル）が増加する。

2. 雇用機会の創出

尿素工場の事業会社に 600 人雇用される。モザンビーク国内における賃金の内、20%が源泉徴収として税金になる。モザンビーク平均賃金は月収 4~5,000 ティカル。1 年当たりの経済効果は 4,500 メティカル×0.2×600×12÷27 = 約 24 万ドルとなる。

3. その他

モザンビークに対する技術移転による経済効果は莫大なものになる。

4. 経済効果

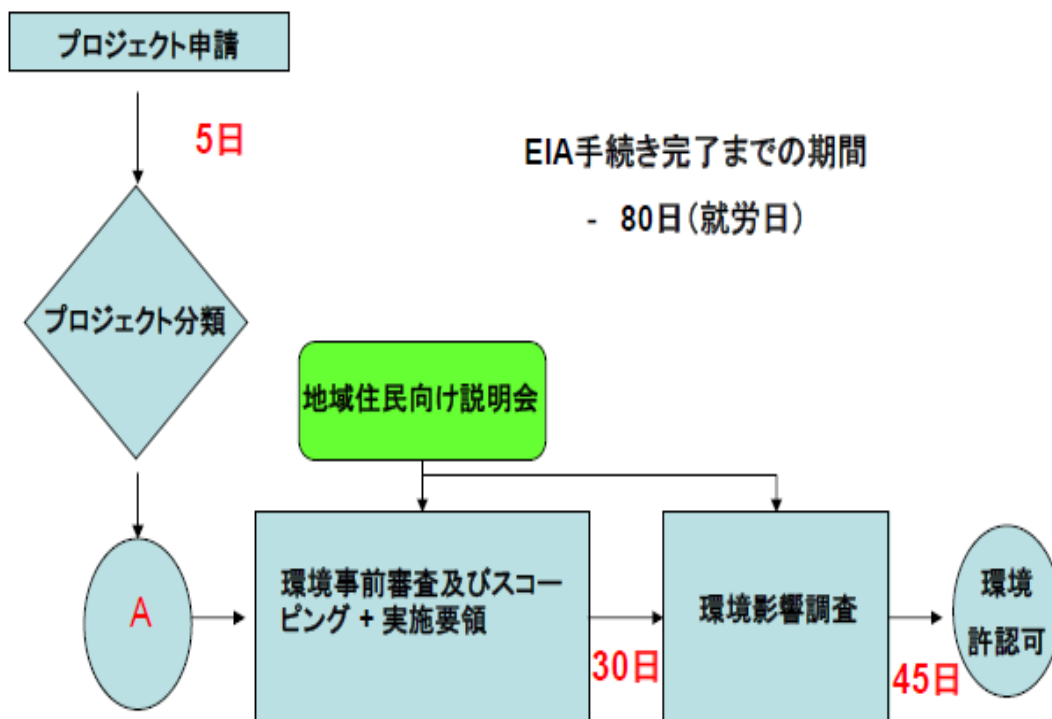
本プロジェクトが実施される場合の EIRR は 25.26%と推定され経済効果は十分といえる。

(3) 環境社会的側面の検討

モザンビークにおいて、環境影響評価法（EIA Regulations 45/2004）に従い、カテゴリーAに分類された EIA プロセス、段階、期間は以下の通りである。

図 2：EIA プロセス、段階、及び期間

カテゴリーAに分類されるEIAプロセス、段階、及び期間



出典：調査団作成

4 実施スケジュール

調査団が現地でもザンビア政府とすり合わせたスケジュールは以下の通りになる。詳細設計、入札、プロジェクト実施に関しても以下に記載。

表 3：実施スケジュール

作業項目	年/月	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1 事前事業化調査	3	11/18	2/23				
2 基本設計・EPC価格提案	7		6/1	12/31			
3 EPC価格精査、最終投資決定	2			1/31			
4 環境社会影響評価	12		5/1	4/30			
5 資金手配	6			2/1	7/31		
6 EPC 実施	32			8/1	ガス増産のタイミング		3/31
7 商業運転（運転 & 保全）				EPC契約		O&M契約	4/1

出典：調査団作成

5 実施に関するフィージビリティ

モザンビークでは、農業振興の為、需要あり、南部アフリカ共同体も含めて需要量は十分見込まれる。またFIRR、EIRRもハードルレートクリアしており、経済性が見込まれる。今後必要な施策に関して、ガス割当とサイト選定に付随する形で、パイプライン建設に関しては、案件実現に向けてよくモザンビーク政府と相談する必要がある。またモザンビーク側の計画を尊重してプロジェクトの内容を検討する事と肥料育成に関しては、JICAのプロサバナ計画とも連携を組む事も検討したい。

6 我が国企業の技術面等での優位性

資金調達面では負債の調達に関わるものであり、もうひとつが株主資本調達に関わるものである。負債の調達については日本企業のプラント建設や出資と密接に関わってくる事項であり、当該プロジェクト実施の為の重要な部分を占める国際協力銀行の融資メニューを含めて検討する。

当該プロジェクトの資金調達に加えて、農業関連への事業参画と石油化学事業への事業参画を目的とした日本企業による出資参画にも可能性が高い。第一に窒素系肥料の取り扱いを目的とした事業参画であり、余剰窒素系肥料を昨今の需要の多いインド、豪州、中国、日本等への輸出を目的として当該プロジェクトに出資参画することにより優先的に製品の取り扱いを行うことである。

窒素系肥料の取り扱いに加えて、石油化学事業への参画に関しても日本企業の出資の可能性が高い。窒素系肥料は原料に天然ガスを使用しているが、同様に類似プロセスからアンモ

ニア、メタノール等の基礎化学品を製造することが可能であり、これらの化学品を原料とする付加価値の高い化学品製造に対して供給することを目的としたの出資も十分に可能性があると言える。しかしながら、その際には当該プロジェクトの製品構成・プラント構成は見直される必要がある。

上記に記載のある他地域への輸出をベースとした製品取り扱いを目的とした事業参画とは異なり、肥料需要が飛躍的に増加する可能性の高い南部アフリカ地域で農業関連事業への参画も日本企業にとって魅力のあるものであると言える。現在の肥料消費量は他地域と比較し非常に少ないものであるが、今後非常に大きな成長が期待できることから、大きなビジネスチャンスを持っていると考えられる。

プラント建設については、資機材は、中国、ヨーロッパ、日本、韓国および東南アジアから調達する。日本からの調達品は、コンプレッサーのような回転機器、熱交換器、ボイラーのようなパッケージ設備、化学品ユニット、ガスタービンおよびコンプレッサー、リクレーマのような資材運搬機器、パイプ、特殊バルブ等が候補になる。

尿素ライセンスに関しては本邦唯一のライセンスである東洋エンジニアリングの ACES21 は尿素合成系を簡素化することでプラント建設費を低減したばかりではなく、運転条件をより最適化しオペレーションコスト削減を実現しており、以下の優位性がある。

A. 省コスト（機器配置が低く、コンパクト）

建設費の削減。高圧エジェクターによる強制送液採用による合成管の地上設置 縦型のサブマージカーバメートコンデンサー（VSCC） 合成ループの簡素化、機器費削減 2 段合成による機器サイズ削減、合成ループ内の機器数の削減。

B. 省エネルギー（運転費用の削減）

最適なプロセスコンディション採用による低い合成圧力の実現で運転費用の削減。

C. 運転しやすさと安定性

高圧エジェクターによる高圧ループ内の強制循環（重力流れなし）

D. 保全費の削減

低い合成系温度と信頼性の高い材料を採用することにより、腐食を防止する。

7 案件実現までの具体的スケジュール及び 実現を阻むリスク

モザンビーク側は、国内肥料事業を長年希望しており、案件実現に関して政治的にも技術的な問題は存在しないものとする。政府各組織は農業振興のための自国による肥料生産の重要性、その結果としての農業生産の増加の必要性を十分に理解しており、また農業生産を増加させるための農業振興プログラムをすでに開始しているとのことである。

モザンビークの鉱物資源省からの Interest Letter の入手後、東洋エンジニアリングと住友商事は同省にモザンビーク国内のパンデ／テマネガス田から供給される国内天然ガスを有効利用した肥料プロジェクトである当該プロジェクトを排他的に検討することを骨子として 2011 年 6 月に提出している MoU (Memorandum Of Understanding) への署名を依頼しているが、現在モザンビーク政府内で署名の是非について協議中のままである。

案件実現に向けてガス確保がポイントになる。パンデ／テマネガス田は現在も探査中であり、本調査では同ガス田が今後 2016 年のタイミングで増産する前提としているが、ガスの確保が案件実現に向けて必要となる。

モザンビーク中部に位置するベイラのベイラ・ニュー・インダストリアル・エリアが当該プロジェクトのサイトの第 1 候補であり、同地には商業港、鉄道があり近隣諸国とのアクセスも十分にある。結果として商業港である故、プラント機器・プラント建設に必要な重機の輸入、肥料製造の為に原材料となる化学品の輸入が可能となり且つ製品の輸出についても問題無く行えると考えられる。ベイラ・ニュー・インダストリアル・エリアの管轄は、ソファラ州政府になっており、中央・地方両政府への働きかけが必要になる。パイプライン建設の点からもモザンビーク側とよく協議する必要がある事項である。

また、鉱物資源省と本調査団との協議の結果 INP が責任担当部署として指名された。しかしながら、INP はモザンビークの石油ガスに関する情報について管轄する組織である為、今後の尿素生産事業推進するモザンビーク側の責任担当部署については、モザンビーク炭化水素公社 (ENH) 等が候補に挙げられているが、農業省、産業貿易省、商工省も含めて今後協議して行く必要がある。

モザンビークは北部のロブマの巨大ガス田の存在から、資源国として注目されている事もあり、国際協力銀行からの融資についても、本調査結果を踏まえて、今後協議を進めていく。出資に関しては、モザンビーク炭化水素公社 (ENH)、肥料に興味があるとしているモザンビーク炭化水素会社 (CMH) 及びモザンビーク政府 (鉱物資源省・農業省・産業貿易省・商工省) 含めて今後協議して行く必要がある。

上記の問題については、調査団が今後モザンビーク側の政府首脳にも働きかける事も検討して、案件実現に向けて進めて行く。

8 調査対象国内での事業実施地点が分かる地図

図3：モザンビーク全体地図



出典：Google

図4：建設予定サイト



出典：Google